

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000717

International filing date: 25 March 2005 (25.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR  
Number: 0403073  
Filing date: 25 March 2004 (25.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 13 June 2005 (13.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 08 AVR. 2005

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI


  
N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



  
INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE  
26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

Réservé à l'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

D3 540 @VI 210502

## REMISE DES PIÈCES

DATE

25 MARS 2004

LIEU

38 INPI GRENOBLE

N° D'ENREGISTREMENT

0403073

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

PAR L'INPI

25 MARS 2004

Vos références pour ce dossier

(facultatif)

PA1924FR

### 1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Cabinet Hecké  
World Trade Center - Europole  
5, place Robert Schuman  
BP 1537  
38025 Grenoble Cedex 1

## Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

## 2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

Demande de brevet initiale

N°

Date

ou demande de certificat d'utilité initiale

N°

Date

Transformation d'une demande de

☐

brevet européen Demande de brevet initiale

N°

Date

## 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Transistor à effet de champ à canal en carbone diamant

## 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ

OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE

LA DATE DE DÉPÔT D'UNE

DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

## 5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale☐ Personne physique

Nom

ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile

ou

siège

Rue

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

Commissariat à l'Energie Atomique

Etablissement Public de Caractère scientifique, technique et industriel

31- 33 rue de la Fédération

75752 Paris

française

N° de télécopie (facultatif)

☐ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

**BR2**

REMISE DES PIÈCES DATE <b>25 MARS 2004</b> LIEU <b>38 INPI GRENOBLE</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0403073</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI <b>PA1924FR</b> DB 540 W / 210502	
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom <b>Hecké</b> Prénom <b>Gérard</b> Cabinet ou Société <b>Cabinet Hecké (S.A.)</b> N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel Adresse Rue <b>World Trade Center - Europole</b> Code postal et ville <b>5, place Robert Schuman - BP 1537</b> Pays <b>38025 Grenoble Cedex</b> France N° de téléphone (facultatif) <b>04 76 84 95 45</b> N° de télécopie (facultatif) <b>04 76 84 95 48</b> Adresse électronique (facultatif) <b>hecke@dial.oleane.com</b>		<b>Jouvray</b> <b>Marie-Andrée</b>	
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b> Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) <b>Gérard Hecké</b> CPI 95-1201 <b>Marie-Andrée Jouvray</b> CPI 01-0410		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI <b>D.R.G.R.</b>	

## Transistor à effet de champ à canal en carbone diamant

### Domaine technique de l'invention

5

L'invention concerne un transistor à effet de champ, comportant une source et un drain reliés par un canal commandé par une électrode de grille séparée du canal par un isolant de grille.

10

### État de la technique

15

Un transistor à effet de champ comporte une source et un drain qui sont reliés par un canal. Une électrode de grille, séparée du canal par un isolant de grille, permet de commander l'état de conduction du canal. Classiquement, la source, le drain et le canal des transistors à effet de champ sont réalisés à partir de matériau semi-conducteur, par exemple le silicium.

20

25

Pour la réalisation d'un inverseur de type CMOS, un transistor de type PMOS et un transistor de type NMOS sont assemblés. Le fonctionnement optimal de l'inverseur requiert que le courant de saturation dans le transistor PMOS soit égal au courant de saturation dans le transistor NMOS. Dans un transistor NMOS, le courant électrique parcourant le canal est un courant d'électrons, tandis que dans un transistor PMOS, le courant électrique parcourant le canal est un courant de trous. Le courant est proportionnel à la mobilité des porteurs de charge correspondants. La mobilité des électrons dans le silicium étant supérieure à la mobilité des trous dans le silicium, les dimensions des transistors NMOS et PMOS sont adaptées de manière à obtenir des courants de saturation égaux dans les transistors NMOS et PMOS. Ainsi, le transistor PMOS

d'un inverseur CMOS, par exemple, a une largeur de canal supérieure à la largeur de canal du transistor NMOS associé. La miniaturisation de l'inverseur CMOS est alors limitée par les dimensions du transistor PMOS.

5

### Objet de l'invention

L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et en particulier de permettre de réaliser des portes logiques de faibles dimensions.

10

Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que le canal est constitué par une couche en carbone diamant.

15

Le canal peut comporter des dopants du type N, de manière à former un transistor de type PMOS, ou des dopants du type P, de manière à former un transistor de type NMOS.

20

L'invention a également pour but une porte logique comportant des transistors de type PMOS et NMOS selon l'invention, les transistors PMOS et NMOS ayant sensiblement les mêmes dimensions.

25

L'invention a également pour but un procédé de réalisation d'un transistor selon l'invention, comportant successivement

- le dépôt d'une couche de carbone diamant sur un substrat,
- le dépôt d'une couche isolante de grille sur la couche de carbone diamant,
- le dépôt, sur la couche isolante de grille, d'au moins une couche conductrice et sa gravure, de manière à former l'électrode de grille,
- le dépôt d'un matériau isolant sur des flancs de l'électrode de grille pour constituer un isolant latéral,

- la gravure de la couche isolante de grille,
- la gravure de la couche de carbone diamant de manière à délimiter le canal,
- le dépôt, de part et d'autre du canal, d'un matériau semi-conducteur destiné à constituer la source et d'un matériau semi-conducteur destiné à constituer le drain.

Selon un mode de réalisation particulier du procédé selon l'invention, la gravure de la couche de carbone diamant est isotrope, de manière à obtenir un retrait de la couche de carbone diamant sous la couche isolante de grille.

Selon un autre mode de réalisation particulier du procédé selon l'invention, le procédé comporte une gravure anisotrope des matériaux semi-conducteurs dans les zones du substrat non recouvertes par l'électrode de grille et l'isolant latéral.

#### **Description sommaire des dessins**

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

Les figures 1 à 5 illustrent un mode de réalisation particulier d'un procédé de réalisation d'un transistor selon l'invention.

La figure 6 représente schématiquement un inverseur CMOS comportant des transistors selon l'invention.

### Description de modes particuliers de réalisation

5 Le transistor à effet de champ selon l'invention comporte un canal constitué par une couche en carbone diamant. Le canal peut être dopé par des dopants du type N pour former un transistor de type PMOS ou des dopants du type P pour former un transistor de type NMOS. Pour un dopage de  $10^{15}$  atomes par centimètre cube, le carbone diamant a, à température ambiante, une mobilité  
10 d'électrons de  $1800\text{cm}^2/\text{Vs}$  et une mobilité de trous de  $1800\text{cm}^2/\text{Vs}$ . Deux transistors, respectivement de type NMOS et de type PMOS, dont les canaux ont des largeurs égales, ont alors des courants de saturation identiques. Ceci permet de construire des portes logiques, par exemple un inverseur CMOS, comportant des transistors de type PMOS et NMOS ayant les mêmes  
15 dimensions et dont la surface est 28% inférieure à la surface d'un inverseur CMOS à base de silicium.

Dans un mode de réalisation particulier d'un procédé de réalisation du transistor, une couche 1 de carbone diamant est déposée sur un substrat 2,  
20 comme représenté à la figure 1. Le substrat peut comporter, à sa surface, une couche mince isolante, par exemple une couche en oxyde ayant une forte constante diélectrique, par exemple de l'alumine. Puis, on dépose une couche isolante de grille 3 sur la couche 1 en carbone diamant. Ensuite, une couche conductrice 4 est déposée sur la couche isolante de grille 3. Comme représenté  
25 à la figure 1, la couche conductrice 4 peut être constituée par la superposition d'une première couche 4a conductrice et d'une seconde couche 4b, conductrice ou non, qui peut être utilisée comme couche de masquage à la gravure ou à l'implantation. La couche 4a conductrice peut être déposée par dépôt chimique en phase gazeuse basse pression ou par épitaxie. Une étape de gravure permet



de délimiter la couche conductrice 4 latéralement, par l'intermédiaire d'un masque (non-représenté), de manière à former l'électrode de grille 5. Ensuite, le dépôt d'un matériau isolant sur les flancs de l'électrode de grille 5 permet de constituer un isolant latéral 6 de l'électrode de grille 5. L'isolant électrique latéral 6 peut être réalisé par dépôt, autour de l'électrode de grille 5, d'une couche ayant une épaisseur correspondant à l'épaisseur de la couche conductrice 4, suivi par une gravure par l'intermédiaire d'un masque (non-représenté).

Sur la figure 2 est représentée la gravure de la couche isolante de grille 3 dans les zones du substrat 2 non recouvertes par l'électrode de grille 5 et l'isolant 6. Cette gravure peut être réalisée en utilisant des mélanges chlorés et une technique de type cathode chaude.

La gravure de la couche 1 de carbone diamant, représentée à la figure 3, permet de délimiter latéralement le canal 7. Pour attaquer le carbone diamant il suffit de l'oxyder. On favorise la réaction  $2C + O_2 = 2CO$  ou encore  $C + O_2 = CO_2$ . On peut utiliser un mélange d'oxygène et d'argon, servant de gaz porteur et permettant de diluer l'oxygène en vue de régler finement la vitesse d'attaque. La couche 1 de carbone diamant peut être gravée par gravure anisotrope ou isotrope, comme représenté à la figure 3. Par gravure isotrope, on obtient un retrait 8 de la couche 1 de carbone diamant sous la couche isolante de grille 3, de préférence jusque sous l'électrode de grille 5. La gravure isotrope peut être effectuée par plasma d'oxygène à faible énergie ou par l'intermédiaire d'un flux d'oxygène dirigé sur la couche 1 de carbone diamant. La gravure anisotrope peut être effectuée par gravure ionique réactive en utilisant un plasma d'oxygène. Le substrat 2 peut être densifié par plasma d'oxygène en fin de la gravure de la couche 1 de carbone diamant.

Sur la figure 4 est représenté le dépôt sur le substrat 2, de part et d'autre du canal 7, par exemple par épitaxie, d'un matériau semi-conducteur 9a et 9b destiné à constituer respectivement la source et le drain.

5 Une gravure anisotrope du matériau semi-conducteur 9a et 9b dans les zones du substrat 2 non recouvertes par l'électrode de grille et l'isolant latéral 6 permet de délimiter latéralement le matériau semi-conducteur 9a et 9b et de former la source 10 et le drain 11, comme représenté à la figure 5. La gravure du matériau semi-conducteur permet en particulier d'obtenir un transistor de faible  
10 taille. La fabrication du transistor se termine par la formation d'éléments de contact reliés à la source 10 et au drain 11, par dépôt d'un métal 12 sur le substrat 2, planarisation, par exemple par voie mécano-chimique, et gravure du métal 12.

15 En variante, la source 10 et le drain 11 peuvent être constitués de matériaux différents. Dans ce cas, on peut, par exemple, procéder à un masquage de la zone correspondant au drain 11 pendant le dépôt du matériau semi-conducteur 9a destiné à constituer la source 10, retirer le masque, puis masquer le matériau semi-conducteur 9a pendant le dépôt du matériau semi-conducteur 9b et retirer  
20 ce second masque. On peut ensuite graver de façon anisotrope les matériaux 9a et 9b pour délimiter respectivement la source 10 et le drain 11, comme précédemment.

25 Le matériau semi-conducteur 9a peut, par exemple, être du diamant, constituant la source 10 d'un transistor de type NMOS ou PMOS. Le matériau semi-conducteur 9b peut, par exemple, être du diamant, du germanium, de l'arséniure de gallium ou de l'antimoniure d'indium pour constituer le drain 11 d'un transistor NMOS, et du diamant ou du germanium pour constituer le drain 11 d'un transistor PMOS.

5 Sur la figure 6, un transistor PMOS 13 et un transistor NMOS 14, constituant un inverseur de type CMOS, comportent respectivement une source 10, un drain 11 et une électrode de grille. Leurs électrodes de grille 5 sont reliées à un conducteur commun 15. Les transistors PMOS et NMOS ont sensiblement les mêmes dimensions, en particulier leurs largeurs  $L$  de canal sont identiques.

## Revendications

- 5 1. Transistor à effet de champ comportant une source (10) et un drain (11) reliés par un canal (7) commandé par une électrode de grille (5) séparée du canal (7) par un isolant de grille (3), transistor caractérisé en ce que le canal (7) est constitué par une couche (1) en carbone diamant.
- 10 2. Transistor selon la revendication 1, caractérisé en ce que le canal (7) comporte des dopants du type N, de manière à former un transistor (13) de type PMOS .
- 15 3. Transistor selon la revendication 1, caractérisé en ce que le canal (7) comporte des dopants du type P, de manière à former un transistor (14) de type NMOS.
- 20 4. Porte logique de type CMOS, caractérisée en ce qu'elle comporte des transistors (13, 14) de type PMOS selon la revendication 2 et de type NMOS selon la revendication 3, les transistors PMOS et NMOS ayant sensiblement les mêmes dimensions.
- 25 5. Procédé de réalisation d'un transistor selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte successivement
- le dépôt d'une couche (1) de carbone diamant sur un substrat (2),
  - le dépôt d'une couche isolante de grille (3) sur la couche (1) de carbone diamant,
  - le dépôt, sur la couche isolante de grille (3), d'au moins une couche conductrice (4) et sa gravure, de manière à former l'électrode de grille (5),
  - le dépôt d'un matériau isolant sur des flancs de l'électrode de grille (5) pour constituer un isolant latéral (6),

- la gravure de la couche isolante de grille (3),
- la gravure de la couche (1) de carbone diamant de manière à délimiter le canal (7),
- le dépôt, de part et d'autre du canal (7), d'un matériau semi-conducteur (9a) destiné à constituer la source (10) et d'un matériau semi-conducteur (9b) destiné à constituer le drain (11).

5

10

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la gravure de la couche (1) de carbone diamant est isotrope, de manière à obtenir un retrait de la couche (1) de carbone diamant sous la couche isolante de grille (3).

7. Procédé selon la revendications 6, caractérisé en ce qu'il comporte une gravure anisotrope des matériaux semi-conducteurs (9a, 9b) dans les zones du substrat (2) non recouvertes par l'électrode de grille (5) et l'isolant latéral (6).

15

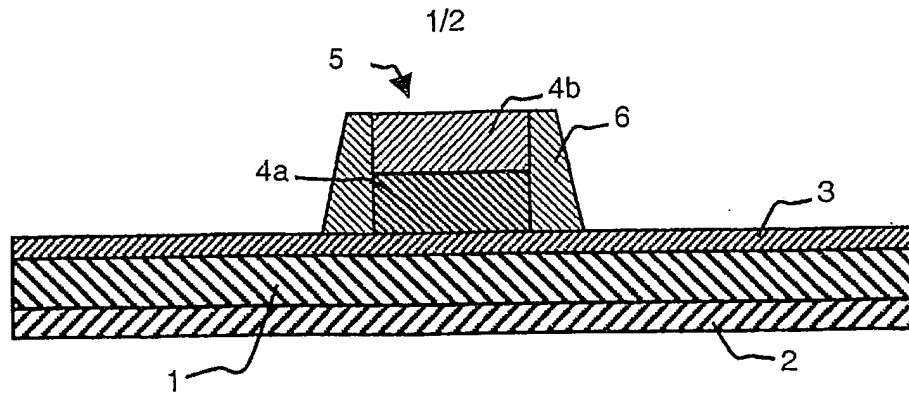


Figure 1

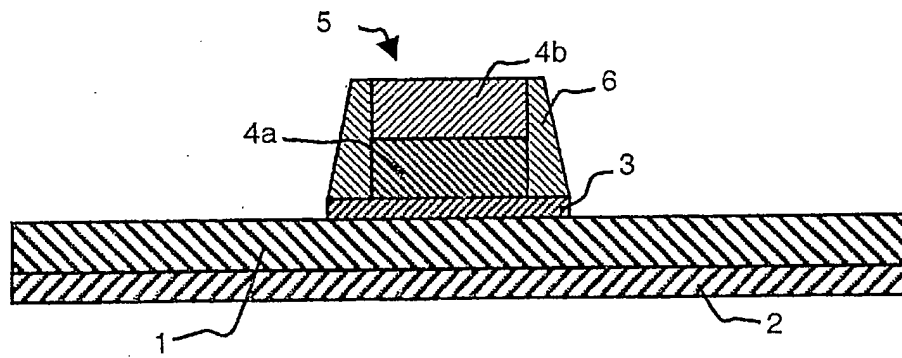


Figure 2

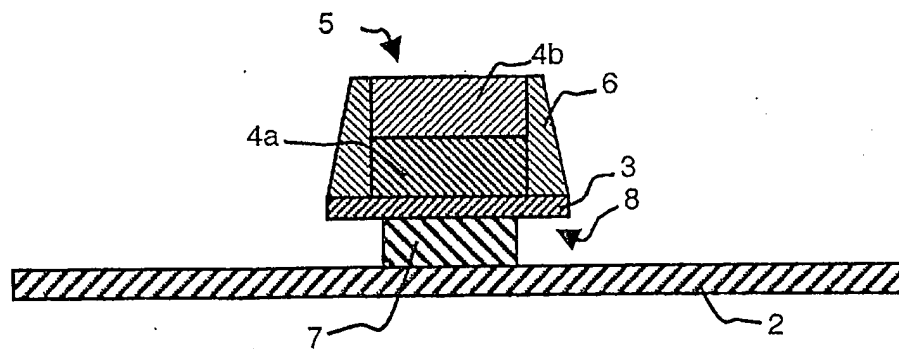


Figure 3

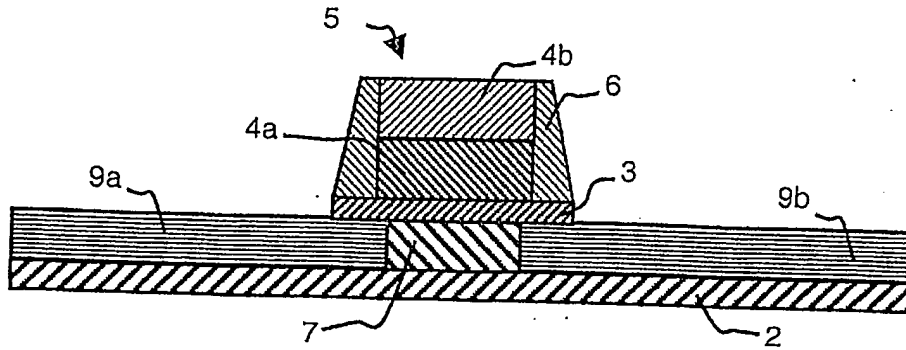


Figure 4

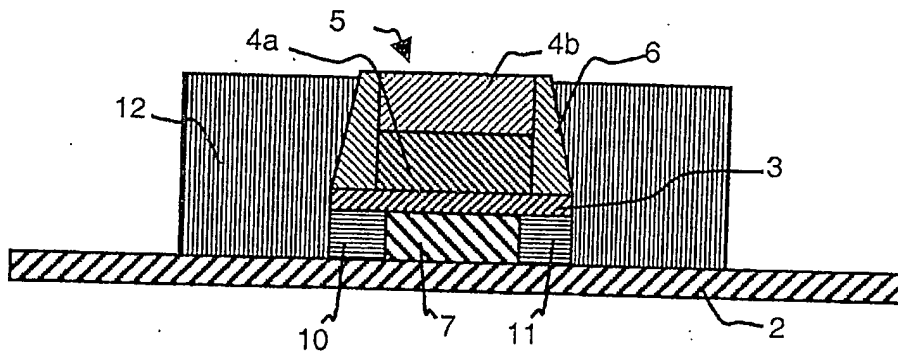


Figure 5

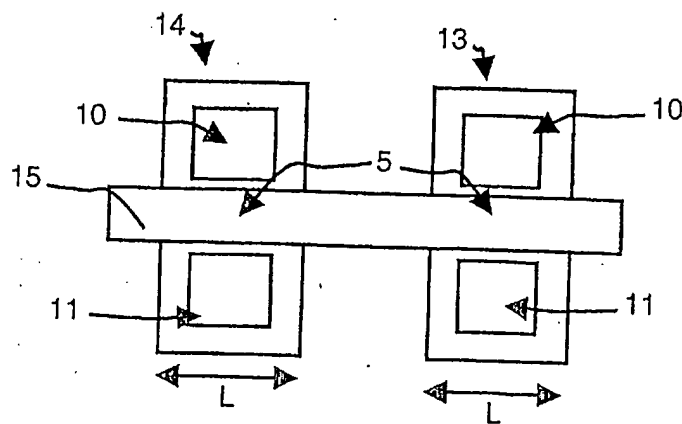


Figure 6

reçue le 21/04/04



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11235\*03



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1/ 1

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)		PA1924FR
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0403073
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Transistor à effet de champ à canal en carbone diamant		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
Commissariat à l'Energie Atomique		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	Deleonibus
	Prénoms	Simon
Adresse	Rue	40, Allée des Giteaux La Chanteraie
	Code postal et ville	38640 Claix
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Gérard Hecké CPI 95-1201		Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410 

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.